

PCT/JP2004/004664

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

31.3.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出願年月日 2003年 4月15日  
Date of Application:

RECEIVED	
27 MAY 2004	
WIPO	PCT

出願番号 特願2003-110699  
Application Number:  
[ST. 10/C] : [JP2003-110699]

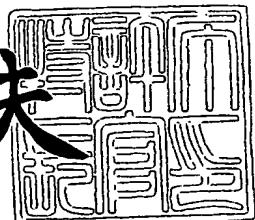
出願人 住友電気工業株式会社  
Applicant(s):

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月14日

特許長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3040175

【書類名】 特許願  
【整理番号】 103H0045  
【提出日】 平成15年 4月15日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 H04B 10/20  
【発明者】  
【住所又は居所】 大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社  
大阪製作所内  
【氏名】 矢田 勝啓  
【特許出願人】  
【識別番号】 000002130  
【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社  
【代理人】  
【識別番号】 100087701  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 稲岡 耕作  
【選任した代理人】  
【識別番号】 100101328  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 川崎 実夫  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 011028  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9716241

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光増幅機能を有するPONシステム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

親局と、受動型光分岐器を備える光分岐局の間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したPON(Passive Optical Network)システムにおいて、

下り信号光を発生する信号用光源の波長を、幹線光ファイバを伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、幹線光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該幹線光ファイバを伝搬する間に、その上り光信号が増幅されることを特徴とするPONシステム。

【請求項 2】

前記幹線光ファイバの少なくとも一部に高非線形性ファイバを使用することを特徴とする請求項1記載のPONシステム。

【請求項 3】

前記下り信号光には、オンオフされる光を使用し、その変調方式には、データの符号0が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動し、符号1が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動する変調方式を使用する請求項1又は請求項2記載のPONシステム。

【請求項 4】

前記幹線光ファイバにおいて、上り信号光が増幅される部分の長さが、前記下り信号光のオン状態とオフ状態の組に対応する幹線光ファイバの長さより長い距離である請求項3記載のPONシステム。

【請求項 5】

信号用光源と光合分波器が親局に設置され、信号用光を、光合分波器を通して親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入することを特徴とする請求項1～請求項4のいずれかに記載のPONシステム。

【請求項 6】

受動型光分岐器としてスターカプラーを使用する請求項1～請求項5のいずれ

かに記載のPONシステム。

### 【請求項7】

受動型光分岐器として、下り信号光には、スターカプラーを使用し、上り信号光には、波長の違いを利用して上り信号光を合波、分岐することができるAWG(Arrayed-Wavelength Grating)を使用することを特徴とする請求項1～請求項5のいずれかに記載のPONシステム。

### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、親局と受動型光分岐器を備える光分岐局との間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したPON(Passive Optical Network)システムに関するものである。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

親局と複数の子局との間を、光データ通信ネットワークを使って双方向通信するシステムにおいて、親局と各子局との間を、それぞれ1本の光ファイバで放射状に結ぶネットワーク構成が実用化されている(Single Star)。このネットワーク構成では、システム、機器構成は簡単になるが、各子局が1本の光ファイバを占有するので、システムの低価格化を図るのが困難である。

#### 【0003】

そこで、1本の光ファイバを、複数の子局で共有するPON(Passive Optical Network)システム(PDS(Passive Double Star)ともいう)が提案されている。このPONシステムは、親局と受動型光分岐器を備える光分岐局との間を幹線光ファイバで接続し、光分岐局と複数の子局との間をそれぞれ支線光ファイバで接続したものである。

PONシステムでは、光伝送のために必要とされるパワーを確保するため、光分岐局に光増幅器を組み込んで、光ファイバを伝送する光信号を増幅する構成が提案されている。

#### 【0004】

【特許文献1】特開平9-181686号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、前記の構成では、光増幅器を使用するため、その入手と設置にコストがかかり、また、設置後故障すれば光分岐局に行かなければならず、メンテナンスの手間がかかるという問題がある。

そこで、単体の光増幅器を使用しないで、増幅機能を、光ファイバーに分散して持たせることができれば、メンテナンスが容易になり、かつ、量産によるコストの低下も見込める。

【0006】

そこで、本発明は、光ファイバーに光増幅機能を持たせることができるPONシステムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明のPONシステムは、下り信号光を発生する信号用光源の波長を、幹線光ファイバを伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、幹線光ファイバにおいて、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該幹線光ファイバを伝搬する間に、その上り光信号が増幅されるものである（請求項1）。

前記の構成によれば、信号用光源を用いて、上り光信号を増幅する効果を持つ波長の信号用光を発生し、幹線光ファイバ、光合分波器を通して、子局に分配する。これにより、簡単に、当該幹線光ファイバを伝送する上り信号光を増幅することができる。

【0008】

光信号を増幅する機能として、ラマン増幅を用いるので、下り信号用光を伝搬させることにより、当該光ファイバを伝送する上り信号光を分散して増幅することができる。図5は、ラマン増幅の条件を示すグラフであり、横軸に波長、縦軸に伝搬時の光パワーをとっている。ラマン増幅を行うには、信号用光の波長は、信号光の波長より約 $0.1\mu m$ 短ければよい。

さらに、当該増幅の条件として、ラマンゲイン ( $g_R/A_{eff}$ )  $P_p L_{eff}$  が $0.$

1 dB以上であることが好ましい。ここで、 $A_{eff}$ は光ファイバのコアの実効径、 $g_R$ は光ファイバのラマンゲイン係数、 $P_p$ は光ファイバに入力されるポンピングパワー、 $L_{eff}$ はポンピング光が作用する光ファイバに沿った実効距離である。

### 【0009】

前記幹線光ファイバの少なくとも一部に高非線形性ファイバを使用することとが好ましい（請求項2）。高非線形性ファイバとはラマンゲイン ( $g_R/A_{eff}$ )  $P_p L_{eff}$  が 4 dB 以上の光ファイバをいう。例えばコア径を一般のシングルモード光ファイバよりわずかに細くすることにより製作することができる。この高非線形性ファイバを用いれば、強い非線形効果が得られるので、比較的弱い増幅光で高利得を得ることができる。したがって、信号用光源の光パワーが比較的低くても済む。なお、長距離伝送する場合などでは、高非線形性ファイバとSMF (Single Mode Fiber)とを直列に接続し、信号用光源に近い部分を高非線形性ファイバ、遠い部分をSMFで構成すると、一層効果的である。

### 【0010】

以上の場合に、下り信号光をオンオフする変調方式には、データの符号0が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動し、符号1が続いたときでもオン状態とオフ状態が変動する変調方式を使用すれば（請求項3）、オン状態の光信号に対しラマン増幅を行えるので、安定した増幅特性を得ることができる。なお、信号光を偏光変調や位相変調する方式を用いれば、光パワーが時間的にほとんど変化しないので、符号方式を考慮することなく、常に安定した増幅が行える。

### 【0011】

また、安定した増幅特性を得るには、前記幹線光ファイバにおいて、上り信号光が増幅される部分の長さが、前記下り信号光のオン状態とオフ状態の組に対応する幹線光ファイバの長さより長い距離であることが好ましい（請求項4）。例えば、ある長さ  $L$  (m) の光ファイバを、光信号が速度  $c/n$  (m/sec) で伝搬するとする。 $c$  は真空中の光の速度、 $n$  は光ファイバの実効屈折率とする。1組のオン状態とオフ状態の組で平均  $\alpha$  ビット传送する符号化方式を使用し、信号の传送速度を  $A$  (ビット/sec) とすると、長さ  $L$  (m) の光ファイバには、

$n L A / \alpha c$

組のオン状態とオフ状態が存在する。ここで前記「下り信号光のオン状態とオフ状態の組」の中の約半分では光信号が存在するので、光ファイバの長さ  $L$  (m) を  $\alpha c / n A$  (m) よりも長くすることにより、その光ファイバの長さ  $L$  (m) にわたってラマン増幅を行うことができる。

#### 【0012】

本発明のPONシステムの構成として、親局に信号用光源と光合分波器とを設置し、信号用光を、光合分波器を通して、親局から光分岐局に向けて幹線光ファイバに注入すれば、親局、光分岐局間で、上り光信号を増幅することができる（請求項5）。子局からの光信号は、長い伝搬路を通り、親局一光分岐局間も、距離が長いことが多いので、この間の光信号の増幅は有効である。

前記システム構成では、受動型光分岐器としてスターカプラーを使用することができる（請求項6）。この構成によれば、安価なスターカプラーを使用することで、製造・管理コストを低減できる。また全子局が同一波長の光信号を扱えるので、子局の製造コストを抑えることができる。

#### 【0013】

また、前記システム構成では、受動型光分岐器として、下り信号光には、スターカプラーを使用し、上り信号光には、波長の違いを利用して上り信号光を合波、分岐することができるAWGを使用することができる（請求項7）。上り信号用にAWGを使用することで、低損失で上り信号光を合波、分離でき、子局の信号用光源の光パワー設計に余裕が出る。

#### 【0014】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

##### —ネットワーク構成—

図1は、本発明の光増幅機能を有するPONシステムを示すブロック図である。局舎内のPONシステム構成部分を「親局」といい、加入者宅内のPONシステム構成部分を「子局」という。PONシステムは、親局1、複数の子局5、及び光分岐局（リモートノードともいう）3を備え、親局1と光分岐局3との間を

一芯の幹線光ファイバ2で接続し、光分岐局3と複数の子局5との間をそれぞれ支線光ファイバ4で接続している。幹線光ファイバ2と支線光ファイバ4とを総称して「光ファイバ」という。光ファイバはシングルモードファイバを用いてい る。

### 【0015】

親局1から子局5への下り伝送信号及び子局5から親局1への上り伝送信号は、それぞれパケットで構成される。

親局1は、上位のネットワーク（インターネットなど）から送られてくるパケットを受けて、光ネットワークを通して子局5に送り出し、子局5から送られてきたパケットを受信し、上位のネットワークに送り出す機能を有している。

親局1は、光ファイバとの接続端となる光伝送路終端装置OLT (Optical Line Terminals)、レイヤ2スイッチ、及び上位のネットワークの接続端となるブロードバンドアクセスルータ等を備えている。

### 【0016】

子局5は、宅内に設置されるパーソナルコンピュータPC、パーソナルコンピュータPCのブロードバンド信号を光ネットワークに送受する光加入者線終端装置ONU (Optical Network Unit)等を備えている。

前記PONシステムの動作を簡単に説明すると、上位のネットワークから親局1に入ってくる下りパケットは、親局1においてレイヤ2スイッチで所定の処理が行われる。そして、光伝送路終端装置OLTを通して光ネットワークに送信される。光ネットワークに送信された光信号は、光分岐局3で分岐され、光分岐局3につながる一部又は全部の子局5に送信されるが、送信先アドレスの合致した子局5がその光信号を取り込み、パケットを復号解読する。

### 【0017】

一方、子局5から送信される上りパケットは、光分岐局3を経由して親局1に送信される。親局1では、レイヤ2スイッチで所定の処理が行われた後、ここからブロードバンドアクセスルータを介して上位のネットワークに送信される。

親局1から送信される信号の符号化方法は、データの0や1の状態が長く続いている、高レベルか低レベルかに片寄らない方法を採用する。例えばデータが0の

ときはビットの中央で高レベルから低レベルへ反転し、データが1のときはビットの中央で低レベルから高レベルへ反転するマンチェスタ符号を採用することができる。また、NRZ符号を採用するときは、もともとのデータに冗長ビットを付加し、0や1が続かないように変換する方式を用いて同じ効果が得られる。

### 【0018】

以下、この光ネットワークに備えられる光増幅機能を説明する。

#### —光増幅機能の実現 1—

図2は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成は、OLTにハイパワーの信号用レーザダイオード(High LD)を設置して、光分岐局3から親局1までの上り信号を増幅している。

### 【0019】

光伝送路終端装置OLTは、下り信号用のレーザダイオード(High LD；送信波長 $1.4\mu m$ )と、上り信号用受光ダイオード(PD；受信波長 $1.5\mu m$ )とを具備している。High LDとPDとは、WDMF(Wavelength Division Multiplexing Filter；波長分割多重フィルタ)を通して幹線光ファイバ2に接続されている。

WDMFは、図4に示すように、誘電体基板60に導波路61, 62を入型に設け、導波路61, 62の接点部に誘電体多層膜フィルター63を形成した構造を有する。導波路62を伝搬する波長 $\lambda 1$ の光は、接点部で反射され、導波路61を伝搬する波長 $\lambda 2$ の光は、接点部を通過する。反射する波長 $\lambda 1$ の範囲、通過する波長 $\lambda 2$ の範囲は、誘電体多層膜フィルター63の設計により設定することができる。

### 【0020】

子局5の光加入者線終端装置ONUは、上り信号用のレーザダイオード(信号用LD；送信波長 $1.5\mu m$ )と、下り信号用受光ダイオード(PD；受信波長 $1.4\mu m$ )を具備している。

光分岐局3は、幹線光ファイバ2と、支線光ファイバ4とをつなぐ、光合分波のためのスターカップラーを備えている。

親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu m$ の光は、WDMFを通過して、幹線光ファイバ2を通り光分岐局3に入り、ここでスターカップラーにより複数（例えば32）に分波されて、支線光ファイバ4にそれぞれ伝搬され、各子局5の光加入者線終端装置ONUのPDにより受光される。

### 【0021】

子局5の信号用LDからの光は、支線光ファイバ4を通って光分岐局3に入射され、ここでスターカップラーにより合波されて幹線光ファイバ2を通り親局1の光伝送路終端装置OLTに入る。この上り信号用の光は、OLTの中で、WDMFにより反射され、親局1のPDによって受光される。

前記親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu m$ の光は、上り信号用の波長 $1.5\mu m$ の光より波長が約 $0.1\mu m$ 短いので、幹線光ファイバ2において、上り信号用の波長 $1.5\mu m$ の光を增幅することができる。

### 【0022】

なお、幹線光ファイバ2の親局側部分の、例えば3km分を高非線形性ファイバで、残りの部分をSMF(Single Mode Fiber)で構成することにより、さらに効果的に上り信号光を增幅できる。

ラマン増幅を用いる場合、強いパワーの信号用光が必要となり、安全上の配慮が必要となるが、本構成では、伝送路・スターカップラーにより増幅光が減衰されるため、一般加入者が触れる可能性の高い加入者宅及びONUでの信号用光のパワーは十分減衰しており、安全上の配慮が不要か、若しくは簡単な配慮で済むようになる。

### 【0023】

#### —光増幅機能の実現2—

図3は、親局1の光伝送路終端装置OLT、光分岐局3、及び子局5の光加入者線終端装置ONU相互の接続状態を示すネットワーク構成図である。この構成では、OLTにハイパワーの信号用レーザダイオード(High LD；送信波長 $1.4\mu m$ )と、複数の上り信号用受光ダイオード(PD<sub>1</sub>～PD<sub>N</sub>；受信波長 $1.5\mu m$ 帯)とを設置している。さらに、OLTに入ってきた上り信号光を波長分割するAWGを設置している。AWGとHigh LDとは、WDMFを通して幹線光ファ

イバ2に接続されている。

#### 【0024】

光分岐局3では、WDMFとAWGとが設置されている。WDMFは、High LDからの波長 $1.4\mu m$ の光を反射し、スターカップラーに供給する。スターカップラーは、支線光ファイバ4-1を通して下り信号光を各ONUに送り出す。AWGは、支線光ファイバ4-2を伝搬してきた上り信号を合波し、幹線光ファイバ2に送り出す。

親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu m$ の光は、WDMFを通過して、幹線光ファイバ2を通り光分岐局3に入り、ここで、WDMFで反射されて、スターカップラーにより複数（例えば32）に分波されて、支線光ファイバ4-1にそれぞれ伝搬され、各子局5の光加入者線終端装置ONUのPDにより受光される。

#### 【0025】

子局5のONUの信号用LDからの波長 $1.5\mu m$ 帯の光は、支線光ファイバ4-2を通って光分岐局3に入射され、ここでAWGにより波長多重（WDM）され、WDMFを通って、幹線光ファイバ2を伝搬し親局1のOLTに入る。この上り信号用の光は、OLTの中で、WDMFにより反射され、さらにAWGによって波長ごとに分波され、親局1のPD<sub>1</sub>～PD<sub>N</sub>のいずれかによって受光される。

。

#### 【0026】

前記親局1のHigh LDからの波長 $1.4\mu m$ の光は、上り信号用の波長 $1.5\mu m$ 帯の光より波長が約 $0.1\mu m$ 短いので、幹線光ファイバ2において、上り信号用の波長 $1.5\mu m$ 帯の光を增幅することができる。

さらに、この構成では上り光信号の合波、分波に損失の少ないAWGを用いているので、ONUの信号用LDのパワーを少ないものにでき、一般加入者が触れる可能性の高い加入者宅及びONUでの安全が確保しやすくなる。

#### 【0027】

以上で、本発明の実施の形態を説明したが、本発明の実施は、前記の形態に限定されるものではない。例えば、以上の実施形態では、子局のONUには、上り信号用LDと下り信号用PDをそれぞれ具備していたが、上り信号用LDを省略

し、下り信号として入射される光を3dBカップラーで分波して、波長を変える変調処理（特開2001-177505号参照）を行って、上り信号光として利用してもよい。その他、本発明の範囲内で種々の変更を施すことが可能である。

### 【0028】

#### 【実施例】

(1) 図2の構成において、電力設計例をあげる。幹線光ファイバ2を12kmとし、そのOLT寄りの3kmの部分を高非線形性ファイバで構成し、光分岐局寄りの9kmの部分をSMFで構成する。支線光ファイバ4は4kmとする。

#### <下り信号>

OLTのHigh LDの光パワー；24dBm

WDMFの透過損失；1dB

高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.7\text{ dB/km} \times 3\text{ km} = 2.1\text{ dB}$

B

SMF幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.4\text{ dB/km} \times 9\text{ km} = 3.6\text{ dB}$

スターカップラーの分波／合波損失；18.5dB

支線光ファイバ4の伝搬損失； $0.4\text{ dB/km} \times 4\text{ km} = 1.6\text{ dB}$

WDMFの透過損失；1dB

#### <上り信号>

ONUの信号用LDの光パワー；0dBm

WDMFの透過損失；1dB

支線光ファイバ4の伝搬損失； $0.2\text{ dB/km} \times 4\text{ km} = 0.8\text{ dB}$

スターカップラーの分波／合波損失；18.5dB

SMF幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.2\text{ dB/km} \times 9\text{ km} = 1.8\text{ dB}$

SMF幹線光ファイバ2のラマン利得；+0.75dB→半分0.4dB

高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.5\text{ dB/km} \times 3\text{ km} = 1.5\text{ dB}$

B

高非線形性幹線光ファイバ2のラマン利得；+6.8dB→半分4.6dB

WDMFの透過／反射損失；1dB

以上の場合、ONUからの上り信号光が支線光ファイバ4を伝搬してスター

ップラーを通過した地点で、信号電力は $-20.3\text{ dBm}$ となる。

### 【0029】

幹線光ファイバ2のラマン利得を無視する場合、親局のPDで受信される上り信号の受信電力は、 $-24.6\text{ dBm}$ である。

幹線光ファイバ2に下り光パワー $23\text{ dBm}$ を注入しているので、計算上、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は $+6.8\text{ dB}$ 、SMF部のラマン利得は $+0.75\text{ dB}$ となる。しかし、OLTのHigh LDは常時発光しているのではない。1000BASE-LXの光信号は、NRZ符号を採用しているが、もともとのデータ8ビットに冗長ビット2ビットを付加し、0や1が続かないように変換しているので、無信号状態でも、0のビット数と1のビット数がほぼ等しくなるように符号化されるため、発光時間を約半分とみなすことができる。すると、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は約半分の $4.6\text{ dB}$ 、SMF部のラマン利得は約半分の $0.4\text{ dB}$ となる。したがって、親局のOLTのPD受信電力は、幹線光ファイバ2での利得 $4.6 + 0.4\text{ dB}$ が加わって、 $-19.6\text{ dBm}$ となる。これは、OLTにおいて余裕をもって受信できるレベルである。

### 【0030】

なお、OLTのHigh LDの光がONUに到達した場合の、ONUでの受信電力は、 $-3.8\text{ dBm}$ となる。これは、加入者が触れても安全なパワーとなっている。

(2) 図3の構成において、電力設計例をあげる。幹線光ファイバ2を $20\text{ km}$ とし、そのOLT寄りの $3\text{ km}$ の部分を高非線形性ファイバで構成し、光分岐局寄りの $17\text{ km}$ の部分をSMFで構成する。支線光ファイバ41、42の長さは $4\text{ km}$ とする。

### 【0031】

<下り信号>

OLTのHigh LDの光パワー； $24\text{ dBm}$

WDMFの透過損失； $1\text{ dB}$

高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.7\text{ dB/km} \times 3\text{ km} = 2.1\text{ dB}$

B

SMF幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.4 \text{ dB/km} \times 17 \text{ km} = 6.8 \text{ dB}$

スターカップラーの分波／合波損失； $18.5 \text{ dB}$

支線光ファイバ4の伝搬損失； $0.4 \text{ dB/km} \times 4 \text{ km} = 1.6 \text{ dB}$

WDMFの透過損失； $1 \text{ dB}$

#### <上り信号>

ONUの信号用LDの光パワー； $0 \text{ dBm}$

WDMFの透過損失； $1 \text{ dB}$

支線光ファイバ4の伝搬損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 4 \text{ km} = 0.8 \text{ dB}$

AWGの分波／合波損失； $6 \text{ dB}$

SMF幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.2 \text{ dB/km} \times 17 \text{ km} = 3.4 \text{ dB}$

SMF幹線光ファイバ2のラマン利得； $+0.84 \text{ dB} \rightarrow \text{半分 } 0.4 \text{ dB}$

高非線形性幹線光ファイバ2の伝搬損失； $0.5 \text{ dB/km} \times 3 \text{ km} = 1.5 \text{ dB}$

B

高非線形性幹線光ファイバ2のラマン利得； $+6.8 \text{ dB} \rightarrow \text{半分 } 4.6 \text{ dB}$

AWGの分波／合波損失； $6 \text{ dB}$

WDMFの透過／反射損失； $1 \text{ dB}$

以上の場合、ONUからの上り信号光が支線光ファイバ4を伝搬してAWGを

通過した地点で、信号電力は $-6.8 \text{ dBm}$ となる。

#### 【0032】

幹線光ファイバ2のラマン利得を無視する場合、親局のPDで受信される上り信号の受信電力は、 $-19.7 \text{ dBm}$ である。

幹線光ファイバ2に下り光パワー $23 \text{ dBm}$ を注入しているので、計算上、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は $+6.8 \text{ dB}$ 、SMF部のラマン利得は $+0.84 \text{ dB}$ となる。しかし、OLTのHigh LDは常時発光しているのではない。1000BASE-LXの光信号は、無信号状態でも、0のビット数と1のビット数がほぼ等しくなるように符号化されるため、発光時間を約半分とみなす。すると、幹線光ファイバ2の高非線形性部のラマン利得は約半分の $4.6 \text{ dB}$ 、SMF部のラマン利得は約半分の $0.4 \text{ dB}$ となる。したがって、親局のOLTのPD受信電力は、幹線光ファイバ2での利得 $4.6 + 0.4 \text{ dB}$ が加わって、

—14. 7 dBmとなる。これは、OLTにおいて余裕をもって受信できるレベルである。

### 【0033】

なお、OLTのHigh LDの光がONUに到達した場合の、ONUでの受信電力は、—7 dBmとなる。これは、加入者が触れても安全なパワーとなっている。

(3) 下り光信号の符号にマンチェスター符号を使用し、実効屈折率が1.46、長さ10kmの光ファイバで、10Mbpsの通信速度で信号を伝搬するとする。このとき、光ファイバの中には、約500ビットの情報が存在する。符号化にてマンチェスター符号を使用するため、符号化するデータによるものの1組のオン状態とオフ状態の組合せで1ビット若しくは2ビットを符号化することができる。すると前記光ファイバ内に250組から500組のオン状態とオフ状態の組合せが存在することになる。約半分はオン状態であり、約半分はオフ状態ビットであるため、その光ファイバ全体でラマン増幅にておよそ半分のゲインを得ることができる。

### 【0034】

なお、1000BASE-LXでは8ビットの情報を、物理層で冗長度を持たせて10ビットに変換して通信している。この符号の中でごく一部の例外を除き、少なくとも2回のオン状態と2回のオフ状態が存在し、オン状態とオフ状態がほぼ半分ずつになるように配置されている。したがって、1000BASE-LXでは、前後の情報にもよるが、8ビットの情報を符号化するためには、ごく一部の例外を除き、少なくとも2組のオン状態とオフ状態の組合せが必要と考えることができる。伝送速度が1Mビット/秒であるので、8ビットの情報が占める光ファイバの長さは約1.6mとなり、1組のオン状態とオフ状態の組合せが占める長さは約0.8m以下と考えることができる。

### 【0035】

#### 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、光ファイバーに光増幅機能を持たせることにより、光分岐局に光増幅器を用意する必要がなく、簡単な構成のPONシステムを

実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光増幅機能を有するPONシステムの全体を示すブロック図である。

【図 2】

親局の信号用High LDを利用して、幹線光ファイバを伝搬する上り信号を増幅する本発明のPONシステムを示す構成図である。

【図 3】

信号光を合波分波するのに、下り信号光にスターカプラーを使用し、上り信号光にAWGを使用した本発明のPONシステムを示す構成図である。

【図 4】

WDMFの構造を示す斜視図である。

【図 5】

ラマン増幅の波長対光パワーの条件を示すグラフである。

【符号の説明】

1 親局

2 幹線光ファイバ

3 光分岐局

4, 41, 42 支線光ファイバ

5 子局

LD レーザダイオード

PD フォトダイオード

WDMF 波長分割多重フィルタ

FBG Fiber Bragg Grating

AWG Arrayed-Wavelength Grating

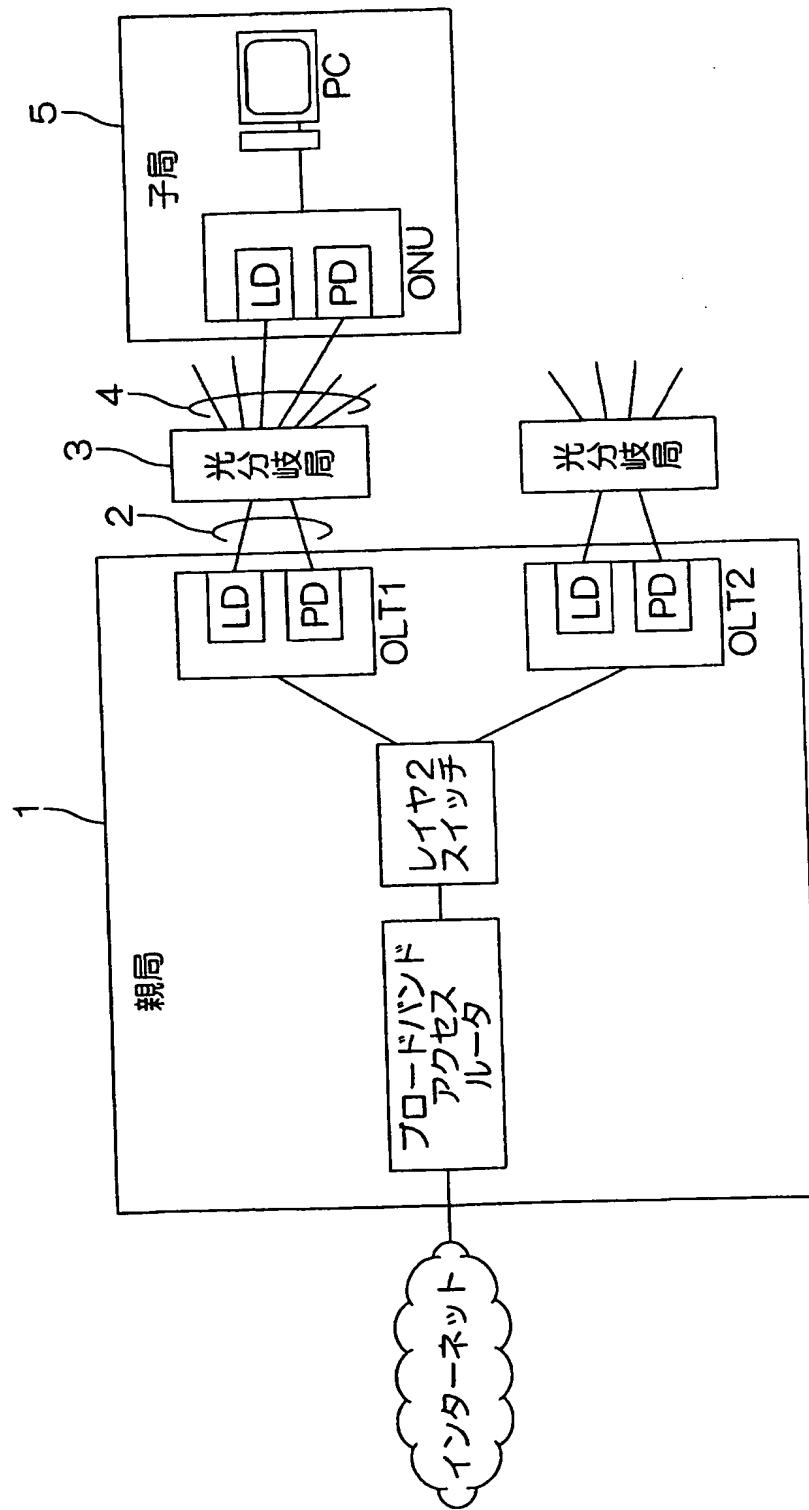
OLT 親局の光伝送路終端装置

ONU 子局の光加入者線終端装置

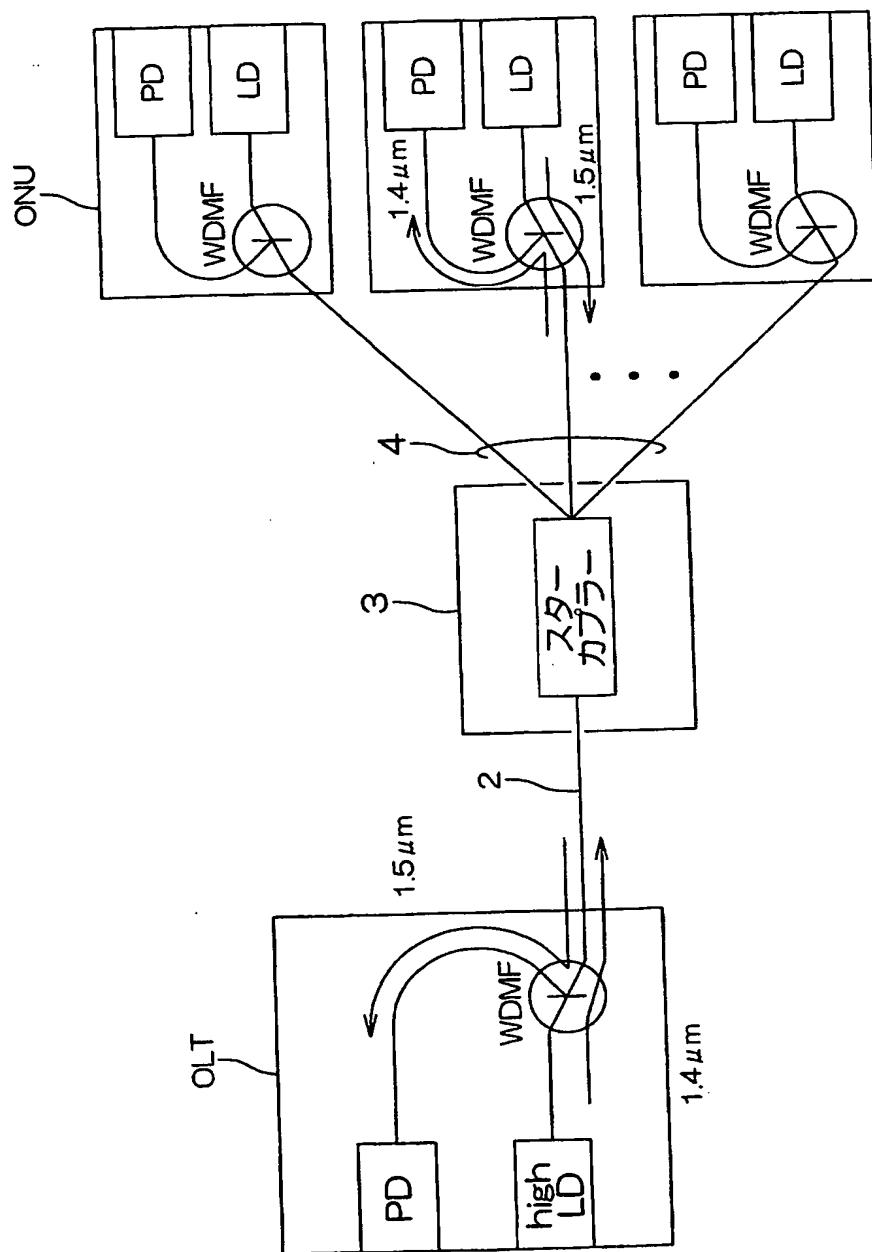
【書類名】

図面

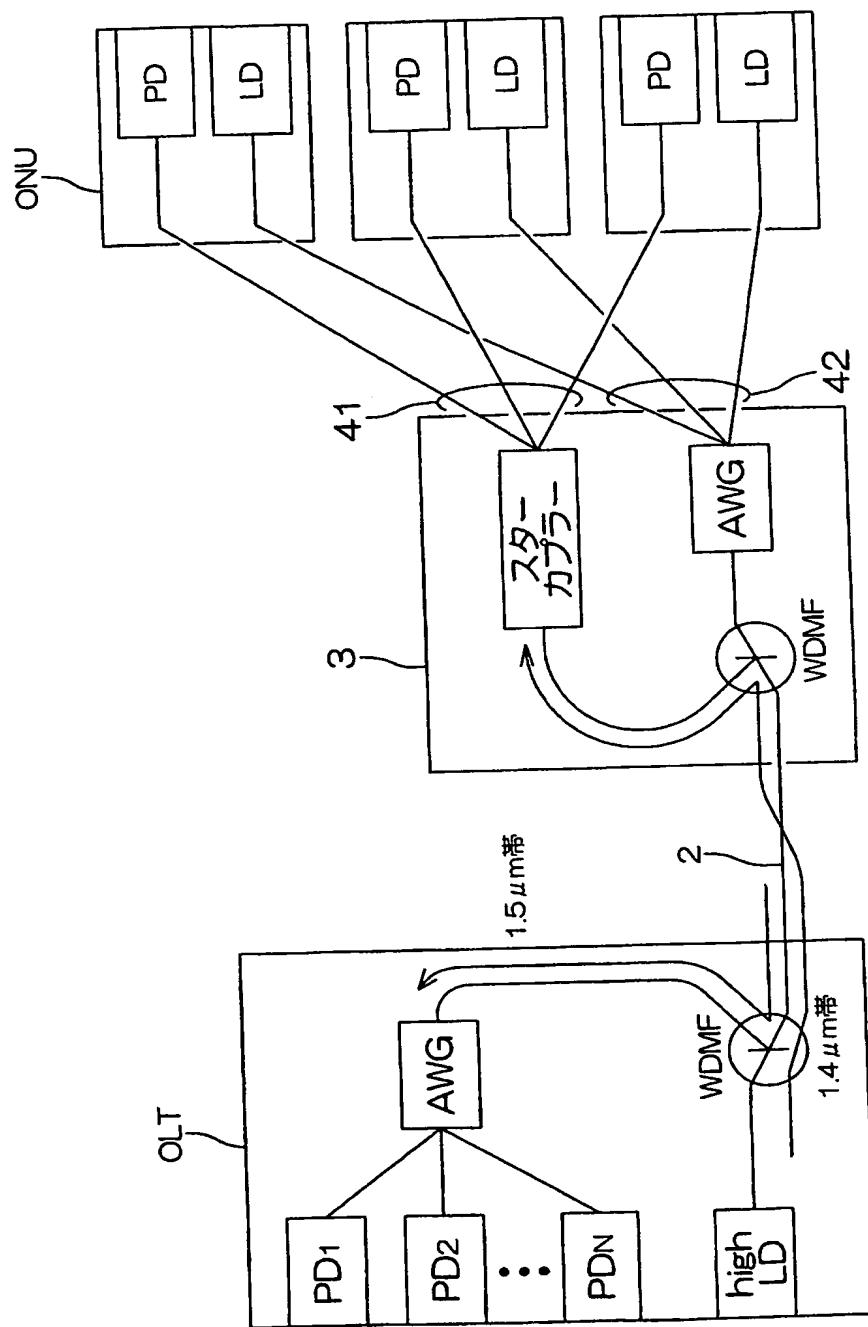
【図 1】



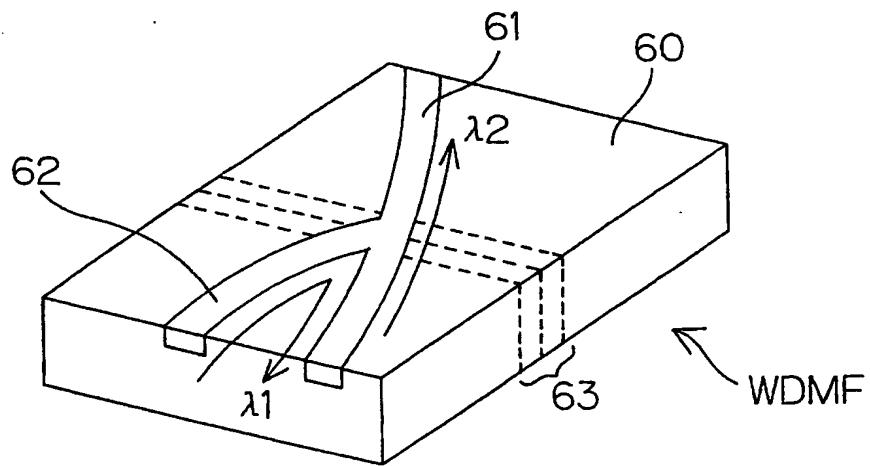
【図2】



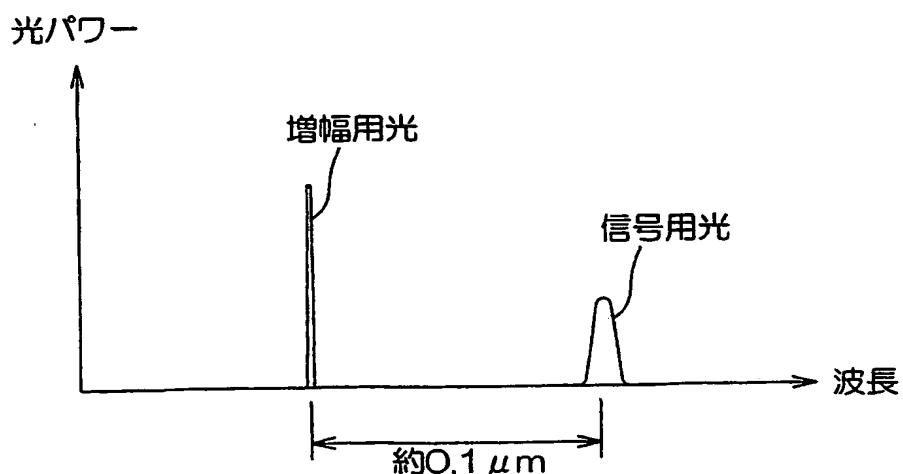
【図 3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 PON(Passive Optical Network)システムにおいて、光ファイバーに光信号の増幅機能を持たせる。

【解決手段】 下り信号光を発生する信号用レーザ光源high LDの波長を、光ファイバ2を伝搬する上り光信号をラマン増幅する効果を持つ波長とし、光ファイバ2において、親局・子局間で伝送される上り光信号が当該光ファイバ2を伝搬する間に、その上り光信号が増幅される。

【選択図】 図2

特願 2003-110699

出願人履歴情報

識別番号

[000002130]

1. 変更年月日

[変更理由]

住 所  
氏 名

1990年 8月29日

新規登録

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号  
住友電気工業株式会社